

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra dopravního stavitelství

Stanovení hlukové zátěže na ul. 17. listopadu v Ostravě-Porubě
Determination of Noise Pollution on 17. listopadu Street in Ostrava-Poruba

Student:	Jakub Solnický
Vedoucí bakalářské práce:	Ing. Denisa Cihlářová, Ph.D.

Ostrava 2015

Zadání bakalářské práce

Student: **Jakub Solnický**
Studijní program: B3607 Stavební inženýrství
Studijní obor: 3607R042 Dopravní inženýrství
Téma: Stanovení hlukové zátěže na ul. 17. listopadu v Ostravě-Porubě
Determination of Noise Pollution on 17. listopadu Street in Ostrava-Poruba

Zásady pro vypracování:

Cílem bakalářské práce je stanovení ekvivalentní hladiny akustického tlaku a) pomocí hlukoměru b) pomocí metodického pokynu Výpočet hluku z automobilové dopravy Manuál 2011 v různých místech a jejich vzájemné porovnání a vyhodnocení. Teoretická část práce bude obsahovat rešerši z oblasti hluku emitovaného dopravou. Praktická část bude obsahovat vlastní měření, výpočty, vyhodnocení a závěry.

Seznam doporučené odborné literatury:

Liberko, M., Ládyš, L.: Metodický pokyn Výpočet hluku z automobilové dopravy Manuál 2011. Účelová publikace pro Ředitelství silnic a dálnic České republiky. ENVICONSULT Praha, 2011.

ČSN ISO 1996-1 Akustika-Popis, měření a hodnocení hluku prostředí - Část1: Základní veličiny a postupy pro hodnocení

ČSN ISO 1996-2 Akustika - Popis, měření a posuzování hluku prostředí - Část2: Určování hladin hluku prostředí

TP 219 Dopravně inženýrská data pro kvantifikaci vlivů automobilové dopravy na životní prostředí


Decký, M., Remišová, E., Blažek, P.: Komparácia predikčných metód hlukových imisií od cestnej dopravy. In: Horizonty dopravy 3/2007, str.16-23 ISSN 1210-0978.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Denisa Cihlářová, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2014

Datum odevzdání: 04.05.2015


doc. Ing. Ivana Mahdalová, Ph.D.
vedoucí katedry




prof. Ing. Radim Čajka, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

ANOTACE

SOLNICKÝ, Jakub. *Stanovení hlukové zátěže na ul. 17. listopadu v Ostravě-Porubě*. Ostrava, 2015. Bakalářská práce. VŠB - TU Ostrava, Fakulta stavební. Vedoucí práce Ing. Denisa Cihlářová, Ph.D.

Předmětem této práce je stanovení hlukové zátěže na ulici 17. listopadu v městské části Ostrava-Poruba. V úvodu této bakalářské práce se zabývám teorií hluku způsobeného dopravou a nepříznivými účinky hluku na člověka. V praktické části práce bylo provedeno měření ekvivalentní hladiny akustického tlaku ve špičkové hodině, na čtyřech stanovištích v Ostravě-Porubě. Ekvivalentní hladina hluku byla stanovena pomocí výpočtového manuálu „Výpočet hluku z automobilové dopravy. Manuál 2011“ a pomocí analyzátoru zvuku. V závěru práce jsou naměřené výsledky porovnány a zhodnoceny.

Klíčová slova

Měření hluku, akustický tlak, ulice 17. listopadu, doprava, Investigator 2260.

ANOTATION

SOLNICKÝ, Jakub. *Determination of Noise Pollution on 17. listopadu Street in Ostrava-Poruba*. Ostrava, 2015. Bachelor's thesis. VŠB - TU Ostrava, Faculty of Civil Engineering. Supervisor Ing. Denisa Cihlářová, Ph.D.

Subject of this thesis is to determine the noise levels on the street on 17. listopadu street in Ostrava-Poruba. At first thesis is focused on the theory of traffic noise and the adverse effects of noise on human beings. In the practical part of the work was done measuring the equivalent sound pressure levels at peak hour, at four sites in Ostrava-Poruba. The equivalent noise level was determined using a manual calculation „Výpočet hluku z automobilové dopravy. Manuál 2011“ and sound analyzer. In conclusion, the measured results were compared and evaluated.

Keywords

Determination of noise pollution, sound pressure level, street 17. listopadu, transportation, Investigator 2260.

OBSAH

Seznam použitého značení	8
Úvod.....	9
1. Hluk.....	10
1.1 Hluk z dopravy	10
1.2 Vliv hluku na člověka.....	12
2. Popis lokality.....	14
2.1 Ulice 17. listopadu	14
2.2 Ostrava-Poruba	15
2.3 Výběr míst sledování v lokalitě	16
2.3.1 Stanoviště číslo 1	18
2.3.2 Stanoviště číslo 2.....	19
2.3.3 Stanoviště číslo 3.....	20
2.3.4 Stanoviště číslo 4.....	21
3. Výpočet	22
3.1 Určení faktoru F_1 :	22
3.2 Určení faktoru F_2 :	24
3.3 Určení faktoru F_3 :	24
3.4 Korekce D_p :	25
4. Měření	26
4.1 Stanovení špičkové hodiny	26
4.2 Měření rychlosti.....	27
4.3 Měřicí zařízení	28
4.4 Intenzita dopravy	30
4.5 Metodika měření.....	30
4.5.1 Místo měření	30

4.5.2	Čas průzkumu.....	30
4.5.3	Klimatické podmínky	31
4.5.4	Poloha mikrofonu	31
4.5.5	Typ povrchu a jeho stav	32
4.6	Naměřené hodnoty.....	33
4.7	Vyhodnocení.....	37
5.	Závěr.....	39
6.	Použitá literatura	40
7.	Seznam obrázků	41
8.	Seznam tabulek	42

SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ

D_p - korekce při narušování plynulosti dopravního proudu [dB]

F_1 - faktor F_1 sloužící pro výpočet hluku v závislosti na rychlosti vozidel a složení dopravního proudu [-]

F_2 - faktor F_2 , jeho hodnota závisí na sklonu nivelety komunikace [-]

F_3 - faktor F_3 zohledňuje typ krytu sledovaného úseku [-]

F_{NA} - funkce závislosti ekvivalentní hladiny akustického tlaku dopravního proudu nákladních vozidel na rychlosti dopravního proudu [-]

F_{OA} - funkce závislosti ekvivalentní hladiny akustického tlaku dopravního proudu osobních vozidel na rychlosti dopravního proudu [-]

L_{Amax} - maximální hladinou hluku [dB]

L_{Az} - základní hladiny hluku [dB]

L_{eq} - ekvivalentní hladiny zvuku [dB]

L_{NA} - hladina akustického tlaku A nákladních vozidel pro zadaný výpočtový rok [-]

L_{OA} - hladina akustického tlaku A osobních vozidel pro zadaný výpočtový rok [-]

n_{Nad} - denní průměrná hodinová intenzita dopravy nákladních vozidel [voz/h]

n_{NSd} - denní průměrná hodinová intenzita dopravy nákladních souprav [voz/h]

n_{OAd} - denní průměrná hodinová intenzita dopravy osobních vozidel [voz/h]

s - sklon nivelety [%]

v - rychlost dopravního proudu [km/h]

X - výpočtová veličina X [-]

Y - výpočtová veličina Y (L_{Aeq} ve vzdálenosti 7,5 m od osy nejbližšího jízdního pruhu komunikace) [dB]

ÚVOD

Zvuk bezesporu ovlivňuje život všech živých organismů. Člověk zvuk nejvíce vnímá pomocí sluchu. Sluch je pro člověka druhým nejdůležitějším smyslem hned po zraku a proto by neměl být zbytečně zatěžován. Pokud je zvuk člověku nepříjemný, například je příliš hlasitý, nebo ho ruší, nazýváme jej hlukem. Avšak hluk je každým vnímán jinak. Pro někoho může být již nepříjemný a jiný si hluku ani nevšimne. Hluk je důležitý i s ohledem na ochranu životního prostředí. Ve vyspělých státech se problematika hluku řadí hned za problematiku znečištění ovzduší a vody. A proto bychom tento problém neměli podceňovat.

V hustě zastavěném území je bezesporu největším zdrojem hluku působící na velký počet obyvatel doprava. A to především doprava automobilová. Dalším problémem hluku způsobeného dopravou je, že působí na člověka neustále. Provoz na komunikacích sice není stále stejně intenzivní, ale jen v ojedinělých případech utichne doprava úplně. A proto kdo bydlí u frekventované silnice, je tomuto hluku vystaven 365 dní v roce.

Cílem této bakalářské práce je stanovit ekvivalentní hladiny akustického tlaku ve špičkové hodině způsobené dopravou na různých místech ulice 17. listopadu v Ostravě-Porubě. Ekvivalentní hladiny akustického tlaku byly stanoveny dvěma způsoby. Nejdříve byly hodnoty vypočteny pomocí „Výpočet hluku z automobilové dopravy. Manuál 2011“ a následně byly hodnoty hluku stanoveny pomocí měření hlukoměrem. Následně byly tyto výsledky porovnány a vyhodnoceny.

1. HLUK

Hluk je definován jako zvuk, který člověka poškozuje, ruší nebo obtěžuje. Jako hluk bývá označován každý nepříjemný a nežádoucí zvuk. Účinek hluku je subjektivní (obtěžující, rušící soustředění a psychickou pohodu), nebo objektivní (měřitelné poškození sluchu). Velkým problémem hluku a zvuku je jeho šíření. Šíří se na velké vzdálenosti dokonce až na stovky metrů a přitom se šíří stejně dobře vzduchem, vodou a také pevnou hmotou.

O negativním působení hluku nerozhoduje jen jeho intenzita, ale důležitá je i doba, po kterou jsme škodlivému hluku vystaveni. [5]

Základními fyzikálními veličinami používanými pro kvantifikaci hluku jsou:

- akustický tlak (Pa),
- akustická rychlost (m.s^{-2}),
- frekvence (Hz),
- intenzita zvuku (W.m^{-2}),

V praxi se používá pojem „hladina akustického tlaku“, která je logaritmem poměru určitého akustického tlaku k referenční hodnotě akustického tlaku a její jednotkou je decibel (dB). [5]

Člověk se necítí pohodlně v prostředí s velmi nízkou hladinou akustického tlaku L_{pA} . Hodnoty hladin přibližně 20 dB považuje většina lidí za hluboké ticho a hladinu 30 dB za příjemné ticho. Při přesazení hladiny 85 dB může dojít k poruchám sluchu. Od hladiny 130 dB způsobuje hluk bolesti sluchového orgánu. A při hladinách okolo 160 dB dochází k protržení bubínku sluchového orgánu. [3]

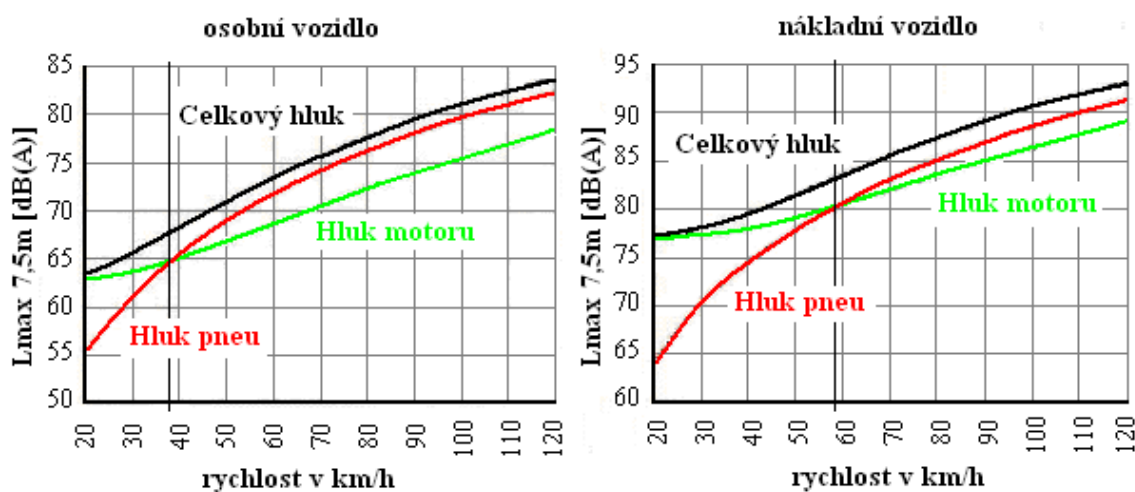
1.1 Hluk z dopravy

Zdroje hluku z dopravy:

- pohonné jednotky (motory) vozidel
- styk pneumatik vozů s vozovkou, nebo styk kol s kolejnicí
- hluk způsoben karosérií vozidel: - aerodynamický účinek
 - uvolněné části karosérie

Hladinu hluku z dopravy ovlivňují faktory jako urbanizace prostoru, hustota osídlení, stále větší množství vozidel a v poslední řadě kvalita dopravní infrastruktury. [3]

Při nízkých rychlostech automobilů (osobní automobily přibližně do 40 km/h a nákladní automobily přibližně do 60 km/h) převažuje hluk způsobený chodem motoru. Po překročení těchto rychlostí převládá hluk způsobený stykem pneumatik s vozovkou. Valivý hluk ovlivňuje nejen rychlost vozidla, ale také kvalita pneumatik. Záleží na druhu pneumatiky, její šířce, hloubce a tvaru dezénu a také na tom zda je pneumatika správně nahuštěna. Dále intenzita valivého hluku závisí na stavu vozovky. Zda je vozovka mokrá, nebo suchá, na mikrotextuře i makrotextuře. Při opravdu vysokých rychlostech okolo 200 km/h dominuje již hluk způsobený obtékáním vzduchu kolem vozidla. [4]



Obrázek 1 Graf hluku v závislosti na rychlosti vozidla [4]

Mezi lokální zdroje hluku způsobeného železniční dopravou řadíme hluk vyvolaný brzděním, rozhlasem na zastávkách nebo průjezdem zatáčkou (větší tření kol a kolejnic). Při nižších rychlostech přibližně do 50 km/h převládá hluk z pohonu hnacích vozidel a valivý hluk. Aerodynamický hluk je dominantní u vysokorychlostních tratí.

Tabulka 1 Základní limity pro venkovní hluk [3]

venkovní hluk	den (6:00-22:00)	noc (22:00-6:00)
základní limit – pro hluk jiný, než z dopravy	50 dB	40 dB
pro hluk ze silniční dopravy	55 dB	45 dB
pro hluk z železniční dopravy	55 dB	50 dB
pro hluk z hlavních silnic	60 dB	50 dB
pro hluk v ochranných pásmech drah	60 dB	55 dB
pro starou hlukovou zátěž	70 dB	60 dB
pro starou hlukovou zátěž u železničních drah	70 dB	65 dB

1.2 Vliv hluku na člověka

Všude tam, kde hluk působí nepříznivě, lze z pohledu životního prostředí hovořit o negativních účincích na člověka, kvalitu území, život zvířat a rostlin. Také může mít špatný vliv na stavby a podobně. Studie, které se zabývají vztahem hluku k nemocnosti obyvatelstva, prokazují, že při zvýšení ekvivalentní hladiny zvuku L_{eq} o 10 dB (A), lze předpokládat, že se nemocnost obyvatelstva zvýší až o 6 %. [5]

Při hladinách hluku okolo 37- 40 dB (A) v ložnici (tj. při venkovních hladinách 50-55 dB (A)), nastává rušení spánku. Při dosažení hranice 45 dB (A) stoupá počet probuzených osob z 10 % na 60 %. 85% osob se probudí, pokud hladina hluku dosáhne 60 dB (A). Můžeme tedy odhadovat, že když se zvýší hladina hluku o 5 dB (A) nad limitní noční hladinu, způsobí to zvýšení počtu osob, u kterých se projeví poruchy spánku o 8 až 10 %. Podle Světové zdravotnické organizace (WHO) může hluk, který přesahuje hladinu 55-65 dB (A) způsobit obyvatelstvu vážné zdravotní potíže. Požadovaná noční hladina hluku v ložnicích se pohybuje pod hladinou 37 až 35 dB (A). [5]

Základní venkovní limity pro hladinu zvuku jsou podle nařízení vlády 50 dB (A) ve dne a 40 dB (A) v noci. Tyto limity se však nevztahují na hluk způsobený silniční dopravou. Pro hluk působený silniční dopravou se k tomuto limitu připočítává korekce 5 dB. [6]

Hlučnost dopravy je zapříčiněna:

- činnosti hnacích a pomocných agregátů a jejich bezprostředním vztahem k vnitřnímu prostoru
- vnějším hlučím:
 - stykem kola s dopravní cestou,
 - aerodynamickým hlučím,
 - hlučím kolemjedoucích vozidel,
- hlučím vibrujících součástí (např. nedostatečně upevněné kryty, sedadla apod.) [5]

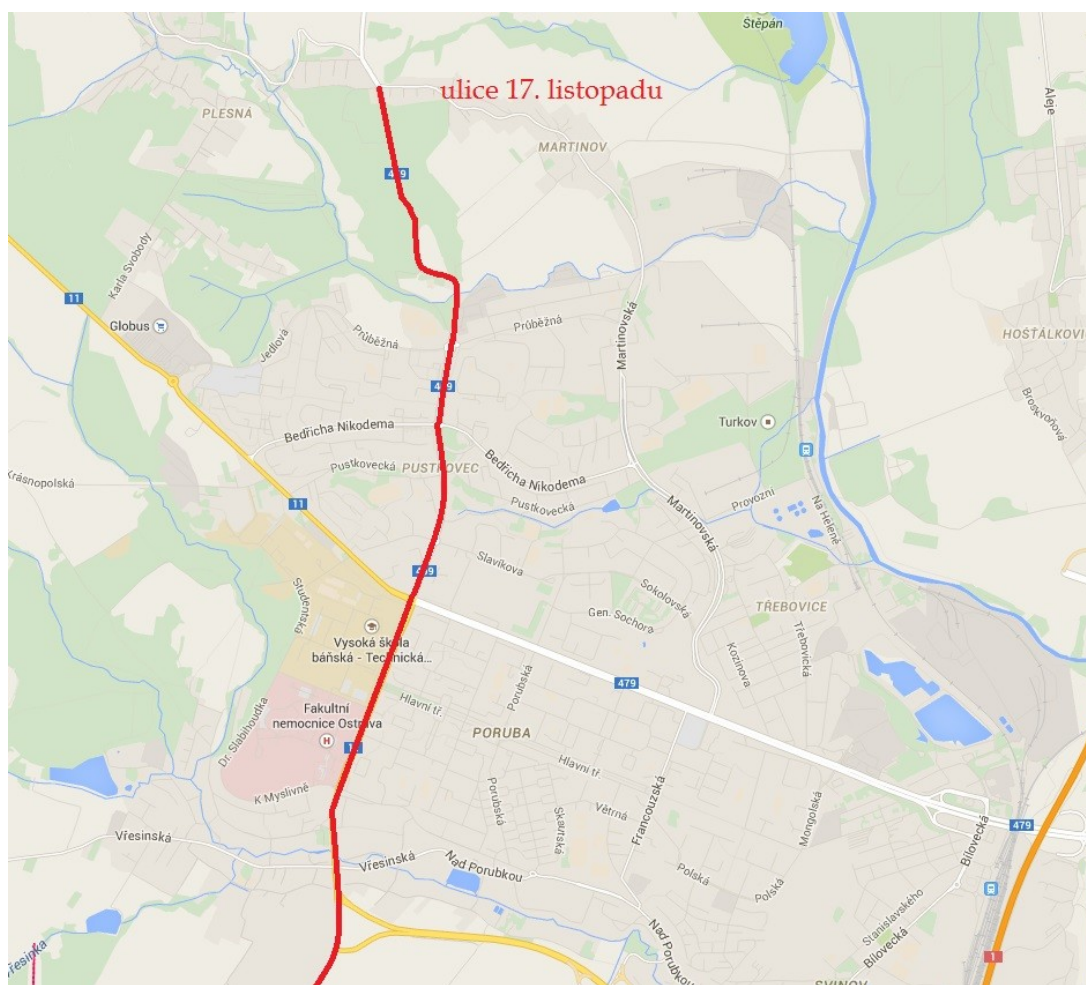
Nepříznivě na člověka působí jak počet, tak i intenzita hlučím špiček.

Hodnoty hlučím ve venkovním prostoru se vyjadřují ekvivalentní hladinou hlučím L_{Acq} a maximální hladinou hlučím L_{Amax} . Nejvyšší přípustná hladina hlučím L_{aeq} ve venkovním prostoru (s výjimkou pulzního hlučím) se stanoví součtem základní hladiny hlučím $L_{Az} = 50$ dB (A) a korekcí přihlížející k místním podmínkám v denní a noční době.

2. POPIS LOKALITY

2.1 Ulice 17. listopadu

Začátek ulice 17. listopadu se nachází na konci obce Plesná silnice druhé třídy II/469 a míří na jih přes další městské části Ostravy, Pustkovec a Porubu. Dále směrem na Klimkovice vede až k dálnici jako silnice druhé třídy II/647. Měření byla provedena na této ulici v části Ostrava-Poruba. Na měřeném úseku je ulice 17. Listopadu v Ostravě-Porubě silnicemi první třídy č. I/11 a druhé třídy č. II/469.



Obrázek 2 Ulice 17. listopadu

2.2 Ostrava-Poruba

Městský obvod Poruba je jedním z 23 obvodů města Ostravy. Nachází se na severozápadě města. V Porubě bydlí téměř 70 tisíc obyvatel a řadí se tímto na druhé místo v počtu obyvatel mezi obvody Ostravy. Za její centrum je považována ulice Hlavní třída, která je rozsáhlým bulvárem dlouhým až 1,6 kilometrů. V Porubě se nachází 58,135 kilometrů silnic III. třídy, 6,145 kilometrů silnic II. třídy a 12,704 kilometrů silnic I. třídy. [2]

Na ulici 17. listopadu v úseku Ostrava-Poruba je hromadná doprava uskutečňována především tramvajovou dopravou a to konkrétně linkami číslo 7, 8, 9 a 17. Krom tramvajové dopravy je zde také autobusová doprava s linkami 40, 58 a 75. Touto trasou projíždí také autobusy příměstských linek.

Jedním z problémů vybrané lokality je tranzitní doprava (od Opavy ulice Opavská směrem na ulici Rudnou a obráceně). Tranzitní doprava tento úsek zatěžuje již dlouhodobě, avšak tento problém by se měl v budoucnu odstranit díky dokončení stavby „Prodloužená Rudná“, která propojí ulice Opavskou a Rudnou mimo zastavěné území a ulehčí tak ulici 17. listopadu.

Na ulici 17. listopadu v úseku Ostrava-Poruba se nachází 10 křižovatek a to:

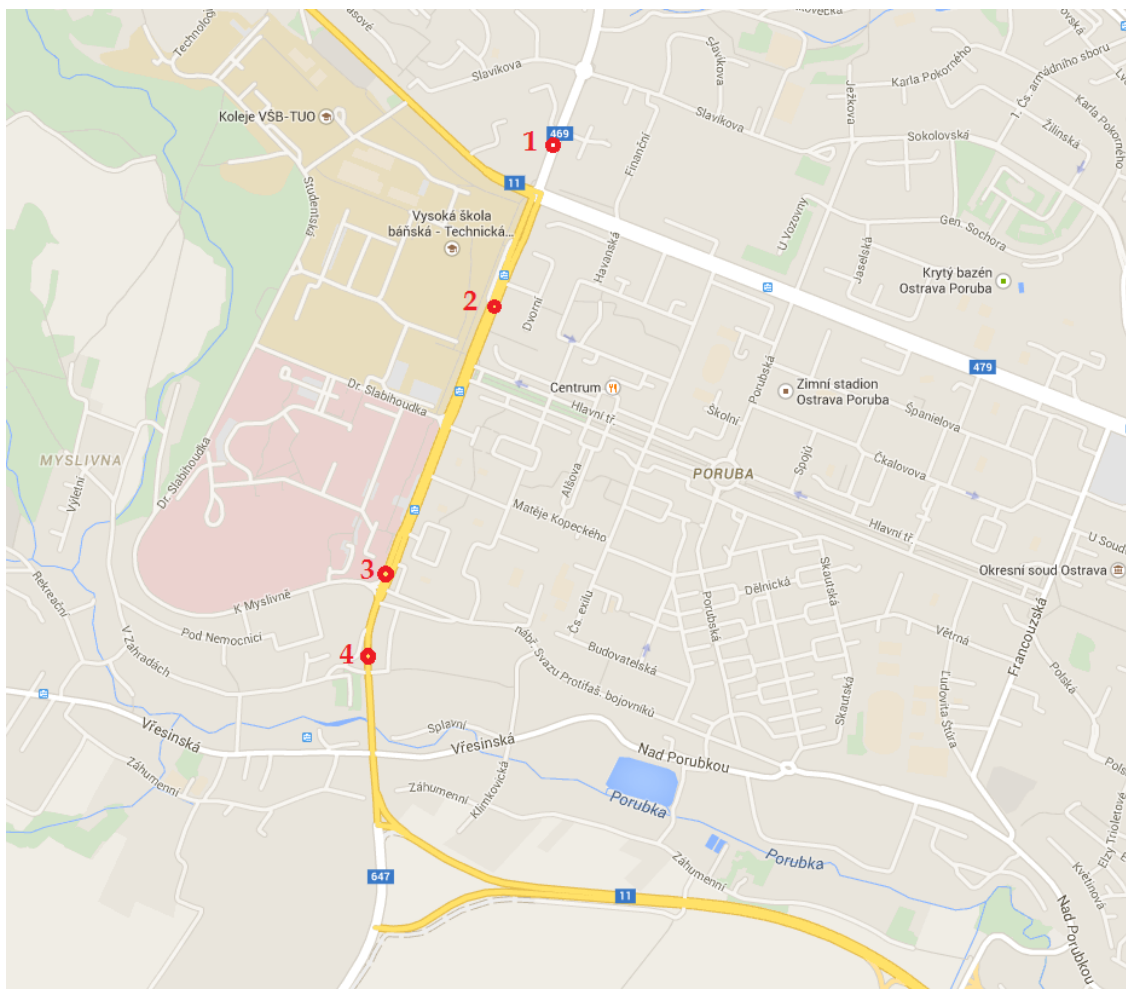
- s ulicí Opavská- průsečná světelně řízená křižovatka
- s ulicí Dvorní- styková neřízená křižovatka
- s ulicí Hlavní třída- styková křižovatka
- s ulicí Dr. Slabihoudka- styková křižovatka
- s ulicí Matěje Kopeckého- styková křižovatka
- s ulicí nám. B. Němcové- styková křižovatka
- s ulicemi K Myslivně a nábřeží Svazu Protifašistických bojovníků- průsečná světelně řízená křižovatka
- s ulicemi Loučky a V Zahradách - průsečná křižovatka
- s ulicí Vřesinská - průsečná světelně řízená křižovatka
- s ulicí Rudná- styková křižovatka

2.3 Výběr míst sledování v lokalitě

Ke stanovení ekvivalentní hladiny akustického tlaku na ulici 17. listopadu v Ostravě-Porubě byla vybrána čtyři stanoviště a to s ohledem na různé původce hluku a plynulost jízdy dopravního proudu.

Pro měření byly vybrány tyto čtyři stanoviště a to z těchto důvodů:

- 1) Prvním stanovištěm neprojíždí tramvajová doprava a je v dostatečné vzdálenosti od světelně řízené křižovatky, aby zde nebyl dopravní proud ovlivněn průjezdem vozidel křižovatkou, v tomto místě se během měření nevytvářely dopravní kongesce.
- 2) Druhým stanovištěm projíždí tramvajové soupravy, nachází se v dostatečné vzdálenosti od křižovatky ulic Opavská a ulice 17. listopadu se světelným signalizačním zařízením (tato křižovatka neovlivňovala během měření dopravní proud) a netvořily se zde dopravní kongesce.
- 3) Třetím stanovištěm tramvaj projíždí a má zde dokonce zastávku (další zdroj hluku z kolejové dopravy). Toto stanoviště je v těsné blízkosti světelně řízené křižovatky ulic 17. listopadu, K Myslivně a nábřeží Svazu protifašistických bojovníků. Z tohoto důvodu se na tomto stanovišti během měření tvořily dopravní kongesce.
- 4) Posledním čtvrtým stanovištěm tramvaj projíždí. Přestože stanoviště je vzdáleno od světelně řízené křižovatky, jsou zde ve špičkových hodinách tvořeny dopravní kongesce.



Obrázek 3 Místa měření v zájmové lokalitě

Tabulka 2 Specifika vybraných měřicích lokalit

Stanoviště	Tramvaj	Tramvajová zastávka	Křižovatka s SSZ	Kongesce
1	Ne	Ne	Ne	Ne
2	Ano	Ne	Ne	Ne
3	Ano	Ano	Ano	Ano
4	Ano	Ne	Ne	Ano

2.3.1 Stanoviště číslo 1

První stanoviště bylo vybráno přibližně 200 metrů severně od křižovatky ulic Opavská a 17. listopadu. Tímto úsekem neprojíždí tramvajová doprava a proto se dá předpokládat, že zde se budou výsledky vypočtené dle „Výpočet hluku z automobilové dopavy. Manuál 2011“ [3] nejvíce blížit skutečnému naměřenému hluku (v manuálu není zohledněno zatížení hluku od kolejové dopavy). V místě měření projíždějí vozidla bez jakéhokoli ovlivnění nejbližších křižovatek. V tomto úseku rychlost dopravního proudu nepřekračuje povolenou rychlost 50 km/h. Jedná se o dvoukruhovou komunikaci s šířkou jízdního pruhu 5 metrů a se sklonem nivelety 4,5 %. Tímto úsekem projelo za měřenou dobu 892 osobních automobilů, 30 nákladních automobilů a 17 nákladních souprav.



Obrázek 4 Stanoviště číslo 1

2.3.2 Stanoviště číslo 2

Pro druhé měření bylo vybráno místo nacházející se přibližně 250 metrů jižně od křižovatky ulic Opavská a 17. listopadu. Měřeným úsekem na tomto stanovišti již projíždí tramvajová doprava, která zde jede ustálenou rychlostí (nezrychluje ani nezpomaluje). Během měření v tomto úseku byla doprava omezena pouze výjimečně, průměrná rychlost vozidel byla 50 km/h. V tomto úseku je sklon nivelety komunikace menší než 1 %. Na tomto stanovišti příčným průřezem komunikace za měřený čas projelo 1443 osobních automobilů, 45 nákladních automobilů, 29 nákladních souprav a 35 tramvají.



Obrázek 5 Stanoviště číslo 2

2.3.3 Stanoviště číslo 3

Toto stanoviště se nachází v těsné blízkosti severně od křižovatky ulic 17. listopadu, K Myslivně a nábřeží Svazu protifašistických bojovníků. Toto stanoviště bylo silně ovlivněno kongescemi způsobenými světelnou signalizací na křižovatce. Tímto stanovištěm projíždí tramvajová doprava, která má zde dokonce zastávku (další zdroj hluku z hromadné dopravy). V tomto místě bylo opravdu složité zjistit průměrnou rychlost vozidel z důvodu častých kongescí. Průměrná rychlost osobních vozidel byla 30 km/h, nákladních vozidel a souprav 25 km/h. Na měřeném úseku je sklon nivelety komunikace 3,5 %. Měřeným úsekem na tomto stanovišti projelo 1308 osobních automobilů, 82 nákladních automobilů, 66 nákladních souprav a 38 tramvají.



Obrázek 6 Stanoviště číslo 3

2.3.4 Stanoviště číslo 4

Poslední stanoviště se nachází pár metrů severně od křižovatky ulic 17. listopadu a V Zahradách. Tato křižovatka dopravní proud ovlivnila jen minimálně. Avšak křižovatka ulice 17. listopadu a ulice Vřesinská, přestože je vzdálena od místa měření přes 200 metrů, ovlivňuje dopravní proud při dopravní špičce. Proto průměrná rychlost všech vozidel zde byla naměřena pouze 30 km/h. Na posledním měřeném úseku je sklon komunikace největší dosahuje až 6,5 %. Za dobu měření projelo tímto úsekem 1538 osobních automobilů, 61 nákladních automobilů, 49 nákladních souprav a 37 tramvají.



Obrázek 7 Stanoviště číslo 4

3. VÝPOČET

Výpočet hluku z intenzit dopravy proběhl dle metodického pokynu „Výpočet hluku z automobilové dopravy. Manuál 2011“, který důsledně respektuje zásady algoritmizovaného postupu pro výpočet hluku silniční dopravy, tyto postupy již byly obsaženy v předchozím vydání „Novely metodiky pro výpočet hluku silniční dopravy“ v roce 1996, poté byly postupně aktualizovány. Poslední změna této novely proběhla v roce 2004. „Výpočet hluku z automobilové dopravy. Manuál 2011“ na zásady a algoritmické postupy navazuje a upřesňuje je. [1]

Pro tuto práci byly po dohodě s vedoucím práce denní průměrné hodinové intenzity dopravy nahrazeny intenzitami špičkové hodiny. A to z důvodu možnosti porovnání výsledků, kterých bylo dosaženo měřením pomocí hlukoměru, který má limitovanou dobu měření. Vlastní měření pak bylo provedeno v době předpokládaného nejvyššího hlukového zatížení v době dopravní špičky.

Do výpočtu vstupují tyto parametry:

F_1 - faktor F_1 slouží pro výpočet hluku v závislosti na rychlosti vozidel a složení dopravního proudu

F_2 - faktor F_2 , jeho hodnota závisí na sklonu nivelety komunikace

F_3 - faktor F_3 zohledňuje typ krytu sledovaného úseku

X - výpočtová veličina X (Jednopruhové a dvoupruhové komunikace se posuzují jako celek)

Y - výpočtová veličina Y (L_{Aeq} ve vzdálenosti 7,5 m od osy nejbližšího jízdního pruhu komunikace)

3.1 Určení faktoru F_1 :

$$F_{OA} = 3,59 \times 10^{-5} \times v^{0,8}$$

$$F_{NA} = 1,5 \times 10^{-2} \times v^{-0,5}$$

$$F_1 = \left(n_{OAd} \times F_{OA} \times 10^{\frac{L_{OA}}{10}} \right) + \left([n_{NAd} \times F_{NA} + n_{NSd} \times F_{NA}] \times 10^{\frac{L_{NA}}{10}} \right)$$

v - rychlost dopravního proudu [km/h]

F_{OA} - funkce závislosti ekvivalentní hladiny akustického tlaku dopravního proudu osobních vozidel na rychlosti dopravního proudu

F_{NA} - funkce závislosti ekvivalentní hladiny akustického tlaku dopravního proudu nákladních vozidel na rychlosti dopravního proudu

n_{OAd} - denní průměrná hodinová intenzita dopravy osobních vozidel [voz/h]

n_{NAd} - denní průměrná hodinová intenzita dopravy nákladních vozidel [voz/h]

n_{NSd} - denní průměrná hodinová intenzita dopravy nákladních souprav [voz/h]

(Pro potřebu této bakalářské práce byly denní průměrné hodinové intenzity nahrazeny intenzitami špičkové hodiny)

L_{OA} – hladina akustického tlaku A osobních vozidel pro zadaný výpočtový rok; hodnota L_{OA} je dána tabulkou 3

L_{NA} – hladina akustického tlaku A nákladních vozidel pro zadaný výpočtový rok; hodnota L_{NA} je dána tabulkou 3.

Tabulka 3 Hladiny L_{OA} , L_{NA} v dB pro roky 2010 – 2020 [1]

Silnice I. a II. třídy a komunikace v krajských městech		
2010	74,6	80,7
2011	74,5	80,9
2012	74,4	80,5
2013	74,3	80,4
2014	74,2	80,3
2015	74,1	80,2
2016	74,1	80,2
2017	74,1	80,2
2018	74,1	80,2
2019	74,1	80,2
2020	74,1	80,2

3.2 Určení faktoru F_2 :

Faktor F_2 vyjadřuje vliv podélného sklonu nivelety komunikace na hodnoty L_{Aeq} . Pro hlukové výpočty vztahující se k automobilovému provozu na dálnicích, rychlostních komunikacích a silnicích I. a II. třídy se použijí hodnoty faktoru F_2 z tabulky 4 pro výpočtové období 2010 – 2015, a to až do sklonu nivelety 6 % včetně. [1]

Tabulka 4 Hodnoty faktoru F_2 platné pro dálnice, rychlostní komunikace a silnice I. a II. Třídy pro období 2010 – 2015 a pro silnice III. Třídy pro období 2010 – 2020 [1]

Jednosměrná komunikace				Obousměrná komunikace	
Stoupající		klesající			
%	F ₂	%	F ₂	%	F ₂
s < 1	1,00	s ≤ 6	1,0	s < 1	1,00
1 ≤ s < 2	1,06	s > 6	1,0	1 ≤ s < 2	1,03
2 ≤ s < 3	1,12			2 ≤ s < 3	1,07
3 ≤ s < 4	1,19			3 ≤ s < 4	1,11
4 ≤ s < 5	1,26			4 ≤ s < 5	1,15
5 ≤ s < 6	1,33			5 ≤ s < 6	1,18
6 ≤ s < 7	1,41			6 ≤ s < 7	1,23
7 ≤ s < 8	1,50			7 ≤ s < 8	1,27
8 ≤ s < 9	1,58			8 ≤ s < 9	1,31
9 ≤ s < 10	1,68			9 ≤ s < 10	1,36
s > 10	1,78			s > 10	1,41

3.3 Určení faktoru F_3 :

Tento faktor zohledňuje typ krytu sledovaného úseku. V celé délce trasy je asfaltobetonový kryt ACO 8. Ovšem jelikož v úseku je rychlost do 50 km/h se používá pro faktor F_3 číselná hodnota 1,0 a to pro všechny druhy asfaltobetonových i cementobetonových krytů vozovek. [1]

$$X = F_1 \times F_2 \times F_3$$

$$Y = 10 \lg X - 10,1$$

3.4 Korekce D_p :

Při narušování plynulosti dopravního proudu například přechody nebo křižovatkami se používá korekce D_p , závisející na podílu nákladní dopravy. Pro podíl nákladní dopravy (N_p) do 50 % se korekce vypočte pomocí tohoto vzorce. [1]

$$D_p = +0,08 \times N_p$$

Tabulka 5 Parametry pro výpočet dle Manuálu 2011

Stanoviště Veličiny	1	2	3	4
n_{OAd}	892 voz/h	1443 voz/h	1308 voz/h	1538 voz/h
n_{Nad}	30 voz/h	45 voz/h	82 voz/h	61 voz/h
n_{NSd}	17 voz/h	29 voz/h	66 voz/h	49 voz/h
V_O	50 km/h	50 km/h	30 km/h	30 km/h
V_N	45 km/h	50 km/h	25 km/h	30 km/h
F_{OA}	$820\,862 \cdot 10^{-9}$	$820\,862 \cdot 10^{-9}$	$6554 \cdot 10^{-9}$	$6554 \cdot 10^{-9}$
F_{NA}	$2\,236\,067 \cdot 10^{-9}$	$2\,121\,320 \cdot 10^{-9}$	$3\,000\,000 \cdot 10^{-9}$	$2\,738\,612 \cdot 10^{-9}$
F_1	29 825 479,87	46 884 018,43	46 712 858,1	31 803 564,11
s	4,5 %	0,86 %	3,5 %	6,5 %
F_2	1,15	1	1,11	1,23
F_3	1	1	1	1
X	34 299 301,85	46 884 018,43	51 851 272,5	39 118 383,86
Y	65,25 dB	66,61 dB	67,05 dB	65,82 dB
Korekce				
D_p			0,81 dB	0,53 dB
L_{Aeq}	65,25 dB	66,61 dB	67,86 dB	66,35 dB

4. MĚŘENÍ

Pro stanovení hlukové zátěže byla, po dohodě s vedoucí bakalářské práce, stanovena doba měření na jednu hodinu. Hodinové měření bylo provedeno na všech čtyřech stanovištích zvlášť. Doba měření byla stanovena pomocí zjištění špičkové hodiny a to z důvodů největších intenzit dopravy a proto je v tuto dobu předpokládána největší hluková zátěž.

4.1 Stanovení špičkové hodiny

Stanovení špičkové hodiny proběhlo v běžný pracovní den a to ve středu 1. 4. 2015. Pro mé měření jsem vybral odpolední špičku. A to z důvodů, že v ranních hodinách byla nízká teplota (pod 5 °C nevyhovuje podmínkám pro měření), která se v průběhu měření mohla měnit. Což je další nežádoucí prvek, měnící podmínky šíření zvuku. Po konzultaci s panem Ing. Vladislavem Šimou z Ostravských komunikací mi byla doporučena doba od 14:30 do 16:30. V této době jsem provedl dopravní průzkum, který jsem zaznamenával v patnáctiminutových intervalech. Poté jsem sečetl všechna vozidla za každý šedesátiminutový úsek. Z těchto šedesátiminutových úseků jsem vybral ten s největším počtem vozidel a tím stanovil špičkovou hodinu.

Tabulka 6 Patnáctiminutové intenzity vozidel

Čas	Počet vozidel
14:30 – 14:45	226
14:45 – 15:00	264
15:00 – 15:15	311
15:15 – 15:30	353
15:30 – 15:45	467
15:45 – 16:00	386
16:00 – 16:15	358
16:15 – 16:30	312

Šedesáti minutové úseky:

$$14:30 - 15:30 = 226 + 264 + 311 + 353 = 1154 \text{ voz/h}$$

$$14:45 - 15:45 = 264 + 311 + 353 + 467 = 1395 \text{ voz/h}$$

$$15:00 - 16:00 = 311 + 353 + 467 + 386 = 1517 \text{ voz/h}$$

$$\mathbf{15:15 - 16:15 = 353 + 467 + 386 + 358 = 1573 \text{ voz/h}}$$

$$15:30 - 16:30 = 467 + 386 + 358 + 312 = 1523 \text{ voz/h}$$

Špičková hodina stanovena na dobu od 15:15 do 16:15 kdy měřeným úsekem projelo 1573 vozů.

4.2 Měření rychlosti

Pro měření průměrné rychlosti dopravního proudu jsem použil ruční radar Bushnell Speedster III. Tento přístroj funguje na principu Dopplerova radaru. Zařízení namíříme na projíždějící vozidlo a na jeho displeji se zobrazí rychlost tohoto vozidla. Jednou z nevýhod však je, že použitý radar nemá vnitřní paměť a proto naměřené výsledky nelze ukládat. A proto naměřené rychlosti byly zapisovány a poté vyhodnocena průměrná rychlost dopravního proudu. Při měření je důležité stát co nejbližší komunikace, po níž vozidla jedou, protože při vzrůstající vzdálenosti od osy jízdy vozidel roste také odchylka od skutečné rychlosti vozidla.



Obrázek 8 Ruční radar Bushnell Speedster III [7]

4.3 Měřicí zařízení

Měření hlukové zátěže bylo provedeno pomocí přístroje Investigator 2260 od firmy Brüel & Kjær. Invesigator 2260 je univerzální, ruční, bateriový, dvoukanálový analyzátor zvuku, skládající se z technických prostředků a operačního systému. Je ideálním nástrojem pro přenosnou analýzu zvuku v reálném čase. Stejně jako osobní počítač je řízen aplikačními programy pro různé úkoly. Díky základnímu programovému vybavení pro analýzu zvuku BZ7210 je přístroj přesným analyzátozem hladin zvuku, který odpovídá standardům IEC a ANSI typ 1. Přístroj umožňuje jak oktávovou tak třetinooktávovou analýzu v reálném čase. S použitým DSP (Digital Signal Processor) a LCD displejem a současně s funkcí analýzy v reálném čase v jednoduchém přístroji se tento přístroj stává vhodný pro různá měření.



Obrázek 9 Investigator 2260

Mikrofon je nejdůležitější částí měřicího zařízení. Různé mikrofony mohou mít různou citlivost, a proto se jeden mikrofon nedá použít pro měření všech typu hluku.

Mikrofon převádí změny akustického tlaku na změnu jiné veličiny. Pro měření byl použit kondenzátorový mikrofon od firmy Brüel & Kjær typ 4155, který se vyznačuje konstrukční jednoduchostí, vysokou citlivostí a provozní stálostí. Tento mikrofon odpovídá standardům IEC a ANSI typ 1.



Obrázek 10 Použitý kondenzátorový mikrofon

Kalibrace přístroje byla provedena pomocí akustického kalibrátoru od firmy Brüel & Kjær typ 4231. Kalibrace se provádí před a po každém měření a hodnoty odchylky by neměly překračovat hodnotu $\pm 0,5$ dB. Pokud by přístroj tuto podmínku nesplnil, není způsobilý k měření a neměli bychom naměřené výsledky považovat za správné. Tento přístroj odpovídá standardům IEC a ANSI typ 1.



Obrázek 11 Kalibrátor firmy Brüel & Kjær typ 4231

4.4 Intenzita dopravy

Pro tuto práci bylo velmi důležité zaznamenávat projíždějící vozidla. Pro hlukové výpočty se vozidla zaznamenávají do třech skupin a to osobní vozidla, nákladní vozidla a nákladní soupravy. Na stanovištích, kde projíždí tramvajová doprava, byly zaznamenány všechny časy průjezdu tramvajových vozidel.

4.5 Metodika měření

4.5.1 Místo měření

Důležité je vybrat vhodnou polohu pro měření. Pro tuto práci bylo důležité, aby přístroj mohl měřit hluk od dopravy bez jakékoli překážky, která by bránila šíření hluku. Aby se výsledky, které byly naměřeny, přibližovaly co nejvíce hodnotám vypočteným dle metodického pokynu „Výpočet hluku z automobilové dopravy. Manuál 2011“. Vhodné je také toto místo zdokumentovat pomocí fotografie.

4.5.2 Čas průzkumu

Měření musí probíhat v běžný pracovní den. Tedy v úterý, ve středu nebo ve čtvrtek (pokud nepředchází, nebo nenásleduje tomuto dni státní svátek). Dále je důležité zaznamenat datum a dobu po jakou měření probíhalo.

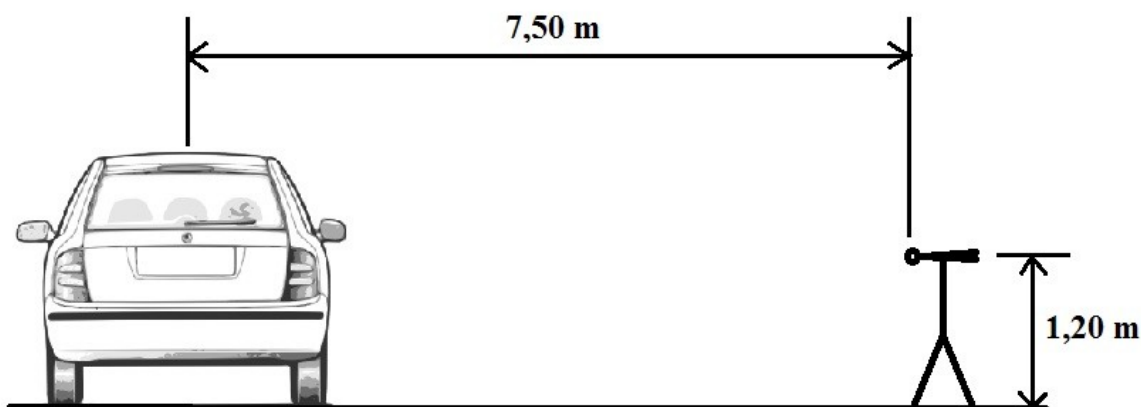
S ohledem na měřicí přístroj a jeho možnosti byla dohodnuta doba měření na jednu hodinu. Jelikož v zájmové lokalitě je maximální povolená rychlost 50 km/h, bylo rozhodnuto, že měření proběhne ve špičkové hodině z důvodu nejvyšších intenzit dopravy (převládá hluk způsoben chodem motoru a valivý hluk). A proto by tyto hodnoty měly odpovídat nejvýše naměřeným hodnotám za celý den. Špičková hodina byla stanovena od 15:15 do 16:15 na všech stanovištích.

4.5.3 Klimatické podmínky

Při každém jednotlivém měření byly zjištěny klimatické podmínky, které mohou ovlivnit šíření hluku a tak i celé měření. Aby byly výsledky co nejpřesnější, je důležité, aby rychlost větru nepřekračovala 5 m.s^{-1} . Dále je důležité umístit přístroj tak, aby vanoucí vítr směřoval směrem od zdroje hluku k mikrofonu. Po celou dobu měření by teplota měla být stálá anebo se měnit pouze minimálně. Teplota by se měla pohybovat v rozmezí od 5°C až do 30°C .

4.5.4 Poloha mikrofону

Mikrofon měřicího přístroje byl umístěn ve vodorovné vzdálenosti 7,5 m od osy přilehlého jízdního pruhu s maximální odchylkou $\pm 0,1 \text{ m}$. Dále by mikrofon měřicího přístroje měl být umístěn ve výšce 1,2 m nad rovinou komunikace s maximální odchylkou $\pm 0,1 \text{ m}$. Mikrofon musí směřovat kolmo k měřenému úseku přilehlého jízdního pruhu. Pro co nejpřesnější porovnání s vypočtenými hodnotami bylo důležité, aby byl přístroj umístěn na místě bez jakýchkoli překážek, které by mohly bránit šíření hluku.



Obrázek 12 Poloha mikrofónu

4.5.5 Typ povrchu a jeho stav

Povrch vozovky v měřeném úseku musí být suchý a bez jakékoli pokrývky sněhu nebo ledu pokud to není předmětem zkoumání. Dále by povrch měl být bez viditelných vad a jakéhokoli poškození, které by výrazně zvyšovalo hlučnost povrchu vozovky.

Pro naše měření jsou úseky v celé délce tvořeny asfaltobetonovým krytem ACO 8. V měřených úsecích je maximální povolená rychlost do 50 km/h a nikde tato rychlost nebyla výrazně překračována, používá se pro faktor $F3$ číselná hodnota 1,0. Tato hodnota se používá pro všechny druhy asfaltobetonových i cementobetonových krytů vozovek, po nichž jezdí vozidla do rychlosti 50 km/h.

4.6 Naměřené hodnoty

Tabulka 7 Naměřené hodnoty pomocí zvukoměru na stanovišti číslo 1

Stanoviště číslo 1		
Brüel & Kjær		
Analyzátor zvuku 2260		
Program základní analýza hluku BZ7210		
Nastavení:		
Rozsah	39,9 dB	119,9 dB
Korekce dopadu zvuku	Čelní	
Špičky přes	100,0 dB	
Celkové výsledky:		
Datum startu	8.4.2015	
Čas startu	15:15:07	
Datum konce	8.4.2015	
Čas konce	16:15:07	
Uplynulý čas	1:00:00	
Počet pauz	0	
Prebuzeni	0,0%	
Slabý signál	0,0%	
Počet špiček (A)	0	
Počet špiček (L)	16	
Kmitočtové vážení:	A	L
	dB	dB
Lpk(MaxP,)	97,6	105,2
Leq	66,2	78,2
LEP,d(7:30)	65,9	
LE(SEL)	101,7	
Lim	67,7	82,3

Časové vážení:	S	F	I
	dB	dB	dB
LAMax	83,0	87,3	89,5
LAMin	46,5	45,7	46,1
LATm3	68,1	69,5	70,7
LATm5	69,0	70,8	71,9
LLMax	92,6	98,8	101,9
LLMin	66,8	63,8	68,0
LLTm3	80,1	83,0	85,7
LLTm5	80,9	84,0	86,5
dB			
Lleq, LAeq	12,1		
LAlm, LAeq	1,5		
LAF 1%	74,0		
LAF 5%	71,0		
LAF 50%	63,4		
LAF 95%	50,4		
LAF 99%	48,0		

Tabulka 8 Naměřené hodnoty pomocí zvukoměru na stanovišti číslo 2

Stanoviště číslo 2		
Brüel & Kjær		
Analyzátor zvuku 2260		
Program základní analýza hluku BZ7210		
Nastavení:		
Rozsah	39,9 dB	119,9 dB
Korekce dopadu zvuku	Čelní	
Špičky přes	100,0 dB	
Celkové výsledky:		
Datum startu	9.4.2015	
Čas startu	15:14:48	
Datum konce	9.4.2015	
Čas konce	16:14:48	
Uplynulý čas	1:00:00	
Počet pauz	0	
Prebuzeni	0,0%	
Slabý signál	0,0%	
Počet špiček (A)	4	
Počet špiček (L)	143	
Kmitočtové vážení:	A	L
	dB	dB
Lpk(MaxP,)	106,3	106,7
Leq	69,8	81,4
LEP,d(7:30)	69,5	
LE(SEL)	105,4	
Lim	71,8	84,1

Časové vážení:	S	F	I
	dB	dB	dB
LAMax	93,2	95,4	96,4
LAMin	51,4	50,4	50,9
LATm3	72,0	73,4	74,8
LATm5	73,0	74,4	75,9
LLMax	98,8	101,7	102,2
LLMin	68,9	66,4	69,3
LLTm3	83,4	85,1	87,0
LLTm5	84,3	86,3	88,1
			dB
Lleq, LAeq			11,6
LAIm, LAeq			2,0
LAF 1%			81,4
LAF 5%			75,2
LAF 50%			64,4
LAF 95%			58,0
LAF 99%			54,8

Tabulka 9 Naměřené hodnoty pomocí zvukoměru na stanovišti číslo3

Stanoviště číslo 3		
Brüel & Kjær		
Analyzátor zvuku 2260		
Program základní analýza hluku BZ7210		
Nastavení:		
Rozsah	39,9 dB	119,9 dB
Korekce dopadu zvuku	Čelní	
Špičky přes	100,0 dB	
Celkové výsledky:		
Datum startu	15.4.2015	
Čas startu	15:14:59	
Datum konce	15.4.2015	
Čas konce	16:14:59	
Uplynulý čas	1:00:00	
Počet pauz	0	
Prebuzeni	0,0%	
Slabý signál	0,0%	
Počet špiček (A)	3	
Počet špiček (L)	31	
Kmitočtové vážení:	A	L
	dB	dB
Lpk(MaxP,)	103,1	105,0
Leq	68,7	81,5
LEP,d(7:30)	68,5	
LE(SEL)	104,3	
Lim	71,4	84,1

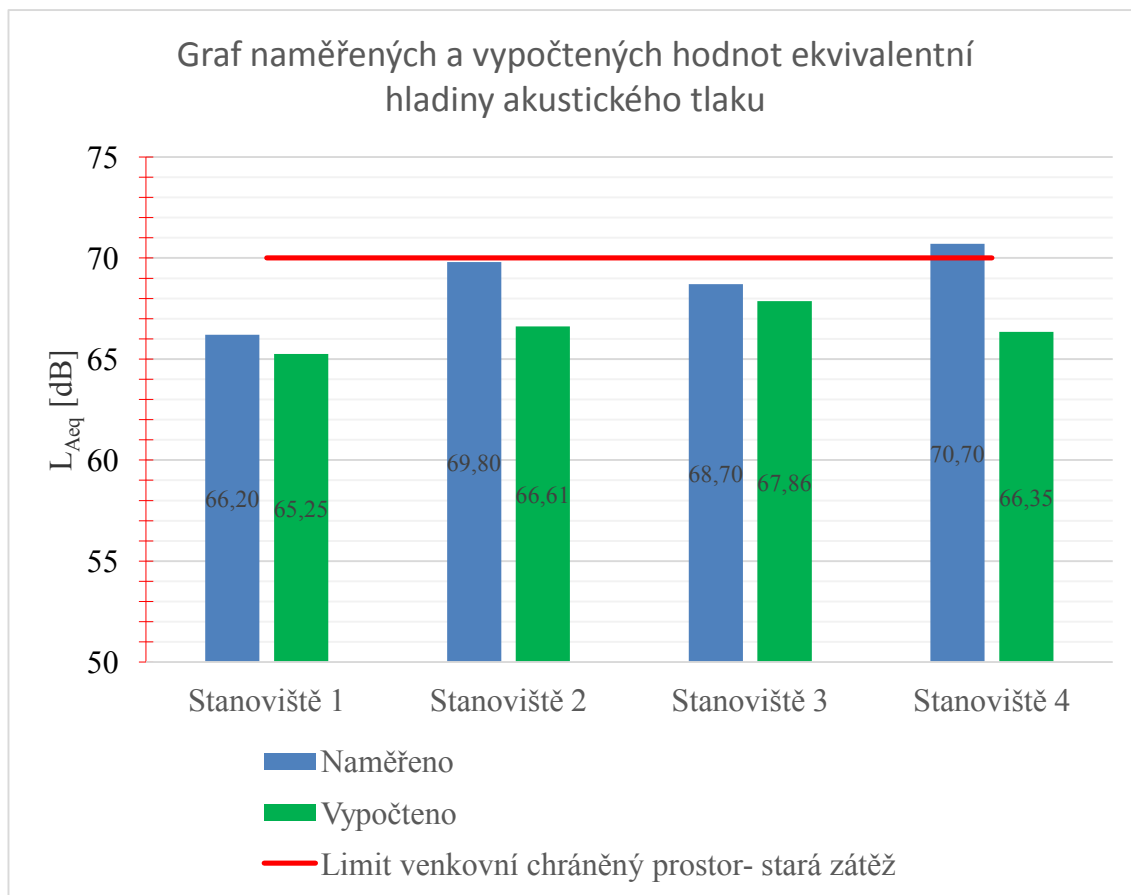
Časové vážení:	S	F	I
	dB	dB	dB
LAMax	89,0	93,3	96,1
LAMin	53,3	52,2	52,7
LATm3	70,6	72,3	74,4
LATm5	71,4	73,7	72,9
LLMax	92,5	95,4	97,1
LLMin	70,5	68,8	71,8
LLTm3	82,9	84,8	86,6
LLTm5	83,5	85,6	87,4
			dB
Lleq, LAeq			12,8
LAIm, LAeq			2,7
LAF 1%			77,8
LAF 5%			73,8
LAF 50%			65,4
LAF 95%			59,2
LAF 99%			57,2

Tabulka 10 Naměřené hodnoty pomocí zvukoměru na stanovišti číslo 4

Stanoviště číslo 4		
Brüel & Kjær		
Analyzátor zvuku 2260		
Program základní analýza hluku BZ7210		
Nastavení:		
Rozsah	39,9 dB	119,9 dB
Korekce dopadu zvuku	Čelní	
Špičky přes	100,0 dB	
Celkové výsledky:		
Datum startu	16.4.2015	
Čas startu	15:15:27	
Datum konce	16.4.2015	
Čas konce	16:15:27	
Uplynulý čas	1:00:00	
Počet pauz	0	
Prebuzeni	0,0%	
Slabý signál	0,0%	
Počet špiček (A)	5	
Počet špiček (L)	51	
Kmitočtové vážení:	A	L
	dB	dB
Lpk(MaxP,)	106,9	106,8
Leq	70,7	80,7
LEP,d(7:30)	70,4	
LE(SEL)	106,3	
Lim	73,6	83,7

Časové vážení:	S	F	I
	dB	dB	dB
LAMax	98,0	100,5	101,6
LAMin	53,3	52,2	52,6
LATm3	73,0	74,6	76,6
LATm5	74,8	77,2	78,5
LLMax	97,1	99,6	100,6
LLMin	67,8	64,7	68,5
LLTm3	82,4	84,3	86,5
LLTm5	83,2	85,4	87,5
			dB
Lleq, LAeq			10,0
LAIm, LAeq			2,9
LAF 1%			79,6
LAF 5%			74,2
LAF 50%			65,0
LAF 95%			58,4
LAF 99%			56,4

4.7 Vyhodnocení



Obrázek 13 Graf naměřených a vypočtených hodnot

Na stanovišti číslo jedna jsem naměřil nejnižší hodnotu ekvivalentní hladiny hluku a to 66,20 dB. Nejnižší hodnota byla předpokládána z důvodů výrazně nižších intenzit automobilové dopravy. Další výsledek jsem vypočetl dle metodického pokynu „Výpočet hluku z automobilové dopravy. Manuál 2011“ a to 65,25 dB. Rozdíl mezi naměřeným a vypočteným výsledkem je 0,95 dB. Tento rozdíl mne překvapil vzhledem k tomu, že prvním stanovištěm neprojíždí tramvajová doprava. A proto jsem zde předpokládal nejpřesnější vypočtené výsledky s ohledem na výsledky měření.

Na druhém stanovišti byla vypočtena hluková zátěž 66,61 dB, přestože zde projelo o 578 vozidel více než na stanovišti číslo jedna, je zde vypočtena hodnota vyšší pouze o 1,36 dB. Avšak hluk naměřený na tomto stanovišti byl daleko vyšší. Naměřená ekvivalentní hladina hluku je zde 69,80 dB což je jen o 0,20 dB nižší hodnota než stanovuje limit. Rozdíl mezi naměřeným a vypočteným hlukem je 3,19 dB. Tento rozdíl je dle mého názoru způsoben

projíždějící tramvajovou dopravou, která v tomto úseku projíždí přibližně v 50km/h, což vyvolává velký valivý hluk. Tramvaje na této trati v měřené hodině projíždí přibližně co dvě minuty. A když vezmeme v potaz, že nárůst o 3 dB způsobí dvojnásobná intenzita dopravy, mohu usoudit, že tramvajová doprava v tomto úseku způsobuje obrovskou hlukovou zátěž.

Na třetím stanovišti byla vypočtena ekvivalentní hladina akustického hluku ve vzdálenosti 7,5 m od osy přílehlého jízdního pásu 67,86 dB. Na tomto místě byla hladina hluku pouze o 0,84 dB vyšší než hodnota vypočtená, tedy 68, 70 dB. Na tomto stanovišti mne výsledek překvapil nejvíce a to z důvodu, že také tímto úsekem projíždí tramvajová doprava. Domnívám se, že je to způsobeno tramvajovou zastávkou v tomto měřeném úseku. Oproti předpokladu kdy jsem očekával další nárůst hluku a to jak při brzdění tak při rozjezdech tramvají. Jelikož zde všechny tramvaje zastavují, projíždí měřeným úsekem v nízkých rychlostech a tedy valivý hluk je zde nižší než v úsecích kde tramvaj jede plnou rychlostí.

Na posledním stanovišti byla hladina hluku stanovena pomocí výpočtu na 66,35 dB. V tomto úseku byly intenzity dopravy ovlivněny dopravními kongescemi, což mohlo vypočtené hodnoty zkreslit. V tomto úseku byl rozdíl mezi naměřenou a vypočtenou ekvivalentní hladinou akustického tlaku největší a to 4,35 dB. Naměřené hodnoty zde dokonce překročily naměřené hygienické limity pro venkovní prostor. Naměřeno zde bylo 70,70 dB, což o 0,70 dB překračuje stanovené limity. Myslím, že tento velký rozdíl byl opět způsoben tramvajovou dopravou, která zde projíždí ve velkých rychlostech, sklon nivelety je zde 6,5%.

Dále je nutné upozornit na to, že naměřené hodnoty jsou pouze ze špičkové hodiny. Tedy můžeme předpokládat, že tyto hodnoty jsou nejvyšší v průběhu celého dne. A proto při stanovení ekvivalentní hladiny hluku pro denní dobu by výsledky měření měly být nižší než hodnoty, které jsem naměřil já. Z tohoto důvodů předpokládám, že na všech stanovištích jsou hygienické limity splněny.

5. ZÁVĚR

Cílem mé bakalářské práce bylo stanovení ekvivalentní hladiny akustického tlaku na ulici 17. listopadu v Ostravě-Porubě ve špičkové hodině. Nejprve jsem vybral čtyři místa, na kterých jsem poté prováděl měření. Tato čtyři místa byla vybrána s ohledem na různé faktory pro vznik hluku způsobeného dopravou. Dále byla zjištěna špičková hodina intenzit dopravy. V této hodině jsem na všech čtyřech stanovištích zaznamenával intenzity projíždějících vozidel. Poté z těchto intenzit byla vypočtena ekvivalentní hladina akustického tlaku pro každé stanoviště zvlášť pomocí „Výpočet hluku z automobilové dopravy. Manuál 2011“. Měření probíhalo na každém stanovišti zvlášť v běžné pracovní dny během mnou určené špičkové hodiny. Poté jsem naměřené hodnoty porovnal s výsledky vypočtenými a vyhodnotil. Jelikož v manuálu „Výpočet hluku z automobilové dopravy. Manuál 2011“ se neuvažuje s hlukem způsobeným kolejovou dopravou, byly vypočtené výsledky na většině stanovišť ovlivněné tímto faktem. Při porovnání výsledků bylo zjištěno, že na místech, kterými projížděly tramvajové soupravy ve vyšších rychlostech, byly naměřené hodnoty výrazně vyšší než hodnoty vypočtené.

Díky této práci jsem zjistil, že určování ekvivalentní hladiny akustického tlaku výpočtem pomocí metodického pokynu „Výpočet hluku z automobilové dopravy. Manuál 2011“ není příliš vhodné pro místa, kde ke hlukové zátěži přispívá kolejová doprava.

6. POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Liberko, M., Ládyš, L.: *Metodický pokyn Výpočet hluku z automobilové dopravy. Manuál 2011*. Účelová publikace pro Ředitelství silnic a dálnic České republiky, ENVICONSLUT Praha, 2011.
- [2] Základní údaje. *Statutární město ostrava - oficiální portál* [online]. 2014 [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: <https://poruba.ostrava.cz/cs/o-porube/zakladni-udaje>
- [3] Limity. *Hluk a Emise* [online]. 2007 [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: <http://hluk.eps.cz/hluk/limity/>
- [4] ŠKVAIN, Václav. Negativní účinky dopravy (5). *Urbanistické středisko Ostrava s.r.o.* [online]. [cit. 2015-02-22]. Dostupné z: <http://www1.uso.cz/public//SKV02/DAZP/>
- [5] ŠKAPA, Petr. *Doprava a životní prostředí*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2003, 113 s. ISBN 80-248-0433-6.
- [6] Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. *Zákony pro lidi.cz* [online]. 2011 [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-272>
- [7] *Holland export*. [online]. 2015 [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: <http://www.hollandexport.com.br/radar-de-velocidade-bushnell-speedster-iii>

7. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Graf hluku v závislosti na rychlosti vozidla [4].....	11
Obrázek 2 Ulice 17. listopadu	14
Obrázek 3 Místa měření v zájmové lokalitě.....	17
Obrázek 4 Stanoviště číslo 1	18
Obrázek 5 Stanoviště číslo 2	19
Obrázek 6 Stanoviště číslo 3	20
Obrázek 7 Stanoviště číslo 4	21
Obrázek 8 Ruční radar Bushnell Speedster III [7]	27
Obrázek 9 Investigator 2260	28
Obrázek 10 Použitý kondenzátorový mikrofón.....	29
Obrázek 11 Kalibrátor firmy Brüel & Kjær typ 4231	29
Obrázek 12 Poloha mikrofónu	31
Obrázek 13 Graf naměřených a vypočtených hodnot	37

8. SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Základní limity pro venkovní hluk [3]	12
Tabulka 2 Specifika vybraných měřících lokalit.....	17
Tabulka 3 Hladiny L_{OA} , L_{NA} v dB pro roky 2010 – 2020 [1]	23
Tabulka 4 Hodnoty faktoru F_2 platné pro dálnice, rychlostní komunikace a silnice I. a II. Třídy pro období 2010 – 2015 a pro silnice III. Třídy pro období 2010 – 2020 [1]..	24
Tabulka 5 Parametry pro výpočet dle Manuálu 2011	25
Tabulka 6 Patnáctiminutové intenzity vozidel	26
Tabulka 7 Naměřené hodnoty pomocí zvukoměru na stanovišti číslo 1.....	33
Tabulka 8 Naměřené hodnoty pomocí zvukoměru na stanovišti číslo 2.....	34
Tabulka 9 Naměřené hodnoty pomocí zvukoměru na stanovišti číslo 3.....	35
Tabulka 10 Naměřené hodnoty pomocí zvukoměru na stanovišti číslo 4.....	36

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucí bakalářské práce Ing. Denise Cihlářové, Ph.D. za cenné rady a pomoc při zpracování této práce. Dále mé poděkování patří také panu Ing. Ladislavu Šímovi za poskytnutí užitečných informací. A v neposlední řadě také Ing. Naděi Zdražilové za instruktáž pro práci s hlukoměrem.